

Imprimante 3D

Une nouvelle Révolution Industrielle ?

ISEG Business School – 4ème Année

Angélina GAUTHIER

Anne LE MOUEL

Edouard LUCK

Romain MAURER

Nicolas ZELLER

SOMMAIRE

INTRODUCTION 4
I. APPLICATION 7
A. AU NIVEAU INDUSTRIEL 7
1) L'industrie automobile 7
2) L'industrie aéronautique et militaire 8
3) Des projets ambitieux et étonnants 9
B. AU GRAND PUBLIC 12
1) Historique du Fablab 12
2) Les enjeux d'un tel projet 13
a) Un concept particulièrement prometteur dans les pays émergents 13
b) Les Fablab, un lieu destiné à l'innovation 14
c) De véritables enjeux éducatifs 14
d) Une réelle opportunité pour les grandes entreprises 15
II. IMPLICATION 16
A. VALEURS AJOUTEES 16
1) Bénéfices industriels 16
2) Conséquences concurrentielles, économiques, et en productivité. 18
3) Valeur Ajoutée aussi pour l'environnement 19
B. LIMITES DE CETTE TECHNOLOGIE 21
1) Une certaine insécurité se dégage de cette technologie 21
2) Une nuisance pour la santé des utilisateurs ? 22
3) La propriété intellectuelle 22
4) Conséquences économiques irréversibles 23
5) Une utilisation qui peut s'avérer complexe 24
III. RECOMMANDATIONS 25

A. Recommandations marketing : Comment démocratiser / promouvoir l'imprimante 3D 25

B. Recommandations d'intelligence économique : Comment protéger la valeur ajoutée apportée par l'imprimante 3D 26

CONCLUSION 28

WEBOGRAPHIE 30

Annexe : Entretien avec Norbert FRIAND, *Responsable du Service Aménagement et Usages du Numérique, Rennes Métropole / ville de Rennes* 35

INTRODUCTION

Il y a quelque chose de magique à voir votre conception se matérialiser en 3-D. Cette touche de magie dans l'impression 3D à alimenter l'imagination du public, et c'est pourquoi le sujet est sur toutes les lèvres et nourris autant de belles promesses. Mais, au-delà de l'émerveillement, cette technologie de transformation est en train de changer la façon dont nous pensons à la fabrication. Déjà aujourd'hui, nous travaillons avec des gens qui impriment composants fonctionnels mécaniques, prothèses, et même des structures à l'échelle nanométrique fabriqués à partir de l'ADN. Bien que la technologie soit surtout utilisée pour les prototypes pour le moment, son utilisation est susceptible de croître de par sa facilité d'utilisation. Imaginons quelques instants…

Dans le temps, lorsqu'un cordonnier réalisait une paire de chaussures c'était un acte unique de conception et d'artisanat. Puis, à partir d'environ 1860, il fut possible d'acheter ses chaussures à une société qui concevait plusieurs modèles produits chacun en grandes quantités. Le prix de la chaussure comprenant sa conception, son design, la main d'œuvre, etc... Maintenant, imaginons que l'impression 3D locale ou personnelle est disponible. Il serait possible de parcourir le site internet d'une entreprise afin de trouver un modèle de chaussure qui nous plait, ou mieux encore, un modèle modifié en fonction d'une analyse 3D de notre pied et des sports que nous faisons. Puis après avoir acheté la conception et téléchargé le fichier 3D, il suffirait de l'envoyer à une imprimante 3D dans la rue ou chez soi pour être fabriqué. A la fin du processus, nous nous retrouverions avec une paire unique de chaussures pour laquelle nous avons participé directement à son processus de fabrication et de conception, devenant ainsi un peu le cordonnier.

Nous pouvons séparer la conception d'un produit de sa fabrication pour la première fois dans l'histoire, parce que toutes les informations nécessaires pour imprimer cet objet sont présentes dans la phase de conception. Mais l'incidence de l'impression 3D ne sera pas limitée à des produits de consommation. Nous verrons son influence dans tous les aspects de l'industrie - de la nanotechnologie à la construction de grandes infrastructures. Mais avant de traiter les effets de cette nouvelle technologie, il convient de s'arrêter rapidement sur son fonctionnement.

Une imprimante 3D joue le même rôle que l'imprimante à papier 2D : elle transforme les pixels d'un écran en points d'encre ou de toner sur un support 2D, en général une feuille de papier. Une imprimante 3D, en revanche, part des « géométries »

représentées sur l'écran (des objets 3D créés avec des outils comme ceux qu'Hollywood utilisent pour faire des films numériques) et les transforme en objets qu'on peut tenir en main et utiliser.

Pour fabriquer ces objets, certaines imprimantes 3D extrudent du plastique fondu en couches, d'autres utilisent un laser pour durcir des couches de résine en poudre ou liquide afin de faire émerger le produit d'un bain de matière brute. D'autres encore peuvent produire des objets à partir de n'importe quel matériau comme le verre, l'acier, le bronze, le titane ou même le glaçage pâtissier. En fait, toute matière susceptible d'être fondue peut être utilisée par une imprimante 3D Vous pouvez imprimer une flûte, vous pouvez imprimer un repas. Vous pouvez même imprimer des organes humains à partir de cellules vivantes en projetant sur une matrice support un fluide contenant des cellules souches, tout comme votre imprimante projette son jet d'encre sur le papier.

Parmi les nouveaux outils de bureau 3D les plus répandus, il y a la nouvelle découpeuse laser de bureau, qui est principalement un outil 2D. À l'aide d'un puissant laser, elle coupe des formes précises, quelle que soit leur complexité, dans des feuilles du matériau de votre choix, depuis le plastique et le bois jusqu'au métal peu épais. De nombreux logiciels de CAO savent transformer un objet 3D en pièces 2D qui s'ajusteront ensuite avec précision, comme les célèbres maquettes de dinosaures en contreplaqué, ce qui permet de les fabriquer avec une découpeuse laser.

Autre outil de la génération 3D, le scanner 3D. Cet appareil vous permet de faire de la « capture de réalité ». Au lieu de dessiner un objet à partir de rien, vous le placez dans le scanner. À l'aide de lasers ou d'autres sources de lumière et d'une caméra, celui-ci prend une image de l'objet sous toutes ses faces et la transforme en une image 3D faite de dizaines ou de centaines de milliers de polygones, comme un personnage de jeu vidéo ou de film numérique. Un logiciel peut le simplifier et vous autorise à le modifier à votre gré. En guise de première expérience, il est classique de scanner sa propre tête puis d'exagérer ses traits et d'imprimer sa caricature en 3D.

A priori, l'imprimante 3D n'est donc qu'un outil de conception assistée par ordinateur parmi d'autres : découpeuses laser, fraiseuses numériques... autant d'engins robotisés qui peuplent nos usines depuis de nombreuses années, et que connaissent bien les industriels. Alors, qu'est-ce qui déchaîne les passions à son sujet ? La vision d'un outil passé de l'usine à la maison a de quoi stimuler l'imagination : à quoi ressemblera la chaîne de production industrielle lorsque tous les foyers seront équipés de ces machines ? Avec une création sur demande, pourra-t-on se passer d'entrepôts **ou**

de transports ? La création de meubles, de vaisselle ou d’autres fournitures se fera-t-elle localement et selon les besoins ? Pourra-t-on personnaliser à l'infini les objets de notre quotidien ? Autant de questions que soulève déjà cette nouvelle technologie…

I. APPLICATION

A. AU NIVEAU INDUSTRIEL

Rendu public il y a peu de temps, l’impression fait partie en réalité du milieu industriel depuis presque une trentaine d’année. De nombreux géant du secteur de l’impression s’emploient déjà à améliorer leur imprimante 3D.

L’automobile et l’aéronautique ont été les premiers à recourir à l’impression 3D car ils évoluent dans un environnement où les contraintes sont énormes et l’innovation la clé de leur succès.

Comme le dit la patronne de HP, Meg Whitman : « *Le marché de la 3D n’en est qu’à ses balbutiements. Les opportunités sont immenses et toute l’entreprise y travaille»*

Les toutes premières imprimantes 3D remontent au milieu des années 1980. Et certaines entreprises en sont des utilisatrices convaincues depuis une vingtaine d'années. Le fabricant de jouets Mattel par exemple les utilisent depuis 1992 afin de créer ces jouets, et ces pièces font partie de ses produits les plus connues comme les voitures Hot Wheels ou les poupées Monster High.

L’impression 3D s’annonce comme une technologie de rupture pour l’industrie et aucun secteur industriel ne sera épargnée par ce changement.

1) L’industrie automobile

La Formule 1 fut l’une des premières activités à nécessiter l’impression 3D. En effet, le titane est un métal coûteux. L'usinage produit de 80 à 90% de copeaux, qui sont recyclés, mais l’impression 3D permet de réduire l'usinage à 3%. Cette technologie permet également de dessiner des pièces métalliques plus légères que celle moulée. C’est pourquoi la célèbre écurie Scuderia utilise cette technique pour créer des boites de vitesse sur ces voitures. Une des raisons principales à l’utilisation de l’impression 3D est le gain de temps.

Le prototypage est une étape incontournable dans l'élaboration d'un nouveau produit, d'une nouvelle pièce. Dans le secteur automobile, la chaîne de production est un des grands freins au design : la fabrication des pièces est standardisée et tout changement implique d'importants investissements. Si un ingénieur propose un meilleur design pour une pièce, il devra attendre en moyenne 10 ans avant de le voir intégré. L'impression 3D constitue une solution à ce problème, car elle n'implique pas de standardisation de masse. De plus elle permet de réaliser des pièces plus complexe mais aussi plus résistante. De grands constructeurs d'automobiles, tels que General Motors, Jaguar, Land Rover ou Audi, fabriquent depuis plusieurs années pour leurs voitures en faisant appel à l'impression 3D.

Le cabinet de consultant Barkawi, estime qu'à partir de 2035, toute la production Volkswagen sera réalisée à partir d'imprimante 3D

L'impression 3D donne aussi lieu à de nouvelles idées de production. Ainsi, la société Kor Ecologic a mis au point une voiture : l'Urbee 2 conçu entièrement par impression. Les caractéristiques sont impressionnantes et la société confie que : *«la carrosserie est aussi solide que l'acier mais deux fois plus légère »*, donc moins gourmande en carburant. Il a fallu 104 jours pour l'imprimer mais l'Urbee pourrait être produite en série limitée d'ici à 2014.

2) L'industrie aéronautique et militaire

L'aéronautique est surement le secteur de référence en matière d'impression 3D dans un secteur industriel. Boeing, Airbus, la Nasa,…requièrent tous la technologie 3D pour leur développement. L'impression 3D intéresse les grands fabricants de moteurs d'avions comme ceux de satellites ou d'aéronefs. Le Boeing 787 dreamliner est un exemple très concret de ce besoin car plus de 30 pièces sont créées grâce à cette technologie dont les circuits de régulations thermiques. La production de cette pièce exige généralement la production et l'assemblage d'une vingtaine de pièces différentes mais est réalisés en une seule pièce par impression 3D.

L'avantage qu'elle utilise moins de matières premières, permet de fabriquer des parties plus légères, plus complexes et plus résistantes. Les composants d'avion réalisés par impression 3D sont 65% plus légers mais tout aussi résistants que les pièces usinées traditionnellement, ce qui permet de réaliser des économies considérables. Pour chaque kilogramme en moins, les compagnies aériennes économisent environ 35 000 dollars US en combustible pour la durée de vie d'un avion.

D’ailleurs la tendance est à la standardisation de cette technologie, comme nous le montre les exemples suivants :

Bombardier prévoit que 25 éléments soit fabriqués en 3D dans le moteur de sa futur Cseries.

General Electric prévoit qu’en 2020, plus de 100.000 pièces réalisées par impression 3D seront sur les moteurs LEAP (qui occuperont les futurs moyens courriers d’Airbus et Boeing).

En 2050, de nombreux concepteurs espèrent pouvoir réaliser un avion entier par impression 3D.

De nombreuses entreprises voient un grand avenir à l’impression 3D à la réalisation de satellites. Le Mars rover par exemple comprend plus de 70 pièces sur mesure fabriqué par impression 3D.

Dans le domaine militaire, l’impression 3D est depuis longtemps utilisée pour créer des pièces solides, fiables, résistantes aux chocs comme par exemple les montures de caméra à l’extérieur des tanks.

A partir de données aérospatiales, il est très simple de créer des maquettes de l’environnement où l’armée peut être amenée à intervenir (guerre, terrain rocheux, situation après une catastrophe comme un ouragan ou un tsunami,…). Ce qui prenait énormément de temps avant est maintenant rendu simple et rapide afin d’accélérer la prise de décision.

3) Des projets ambitieux et étonnants

Comme nous l’avons vu précédemment l’impression 3D à une solide histoire lié à l’industrie. Mais de nombreux projets se réalise et se développe afin de révolutionner notre avenir et la technologie 3D.

Les scientifiques étudient la possibilité d’utiliser des imprimantes 3D dans la station spatiale internationale pour fabriquer des pièces détachées sur place. Dès 2014 une imprimante devrait s’envoler afin de permettre aux astronautes de fabriquer leurs propres outils.

Deux projets sortent du commun et pourraient révolutionner le développement de certains pays :

L'impression de bâtiment entier. Il existe déjà des imprimantes 3D capables de bâtir un immeuble de plusieurs étages en « imprimant » du béton. Le Dr. Behrokh Khoshnevis a présenté en Avril 2012, lors d'une conférence TEDx, une technologie qui pourrait bien complètement révolutionner la face du monde. Il ne s'agit rien de moins que d'appliquer les principes de l'impression 3D au secteur du bâtiment pour produire mieux, plus vite et moins cher. La démocratisation de l'impression 3D a permis à ce chercheur, dans le cadre de son projet **Contour Crafting**, d'imaginer une solution simple, peu onéreuse, et extrêmement rapide pour pallier à cet état de fait. Il s'agit d'utiliser une buse coulant non pas un fil de résine mais du béton à prise ultra-rapide renforcé par des fibres composites. Sa manœuvrabilité est assurée de la même manière que pour une imprimante classique (la 3° dimension en plus), les supports permettant sa translation sur les trois axes étant simplement beaucoup plus grands ; plus de 6 mètres pour le prototype actuel. Le coût est quatre fois inférieur à celui d'une construction classique, et dans des délais d'une vingtaine d'heures pour une maison individuelle ! En rendant accessible au plus grand nombre la propriété à moindre coût, l'invention du Dr. Khoshnevis possède sans nul doute la capacité de mettre à bas les géant du BTP, en supprimant en partie la plus-value apportée par les travailleurs du bâtiment. Caterpillar et Bouygues Construction ont déjà injecté des fonds afin de soutenir ce projet.

La création de base lunaire. En 2014, la première imprimante 3D fonctionnelle en apesanteur sera envoyée dans l'espace et fabriquera le premier objet jamais créé en dehors de la Terre. Et d'ici 2015, la startup Made in Space installera une deuxième imprimante 3D plus avancée sur la Station spatiale internationale. Cela pourrait ouvrir la voie à un nouveau moment de la conquête de *l'Espace*. En effet, tout ce qui est envoyé dans l'espace doit être fabriqué sur Terre à un coût important (environ 10 000$ par kilogramme) car ce matériel doit supporter le décollage et le fonctionnement dans un environnement hostile. Or avec une imprimante 3D embarquée, les astronautes pourront construire ce dont ils ont besoin dans l'espace plutôt que d'avoir à les faire venir de la Terre : les pièces de rechange, outils fabriquées sur place réduisent formidablement les coûts et la complexité logistique. Des technologies spatiales déjà matures, tels que les systèmes satellites, pourraient ainsi bientôt être révolutionnées par cette innovation. Comme Mike Chen, chef de la stratégie chez Made in Space, l'explique à Forbes, l'initiative libère aussi la voie à un nouveau moment de la conquête

spatiale : *"Imaginez être capable de coloniser une planète lointaine en n'apportant rien, sauf une imprimante 3D et de l'équipement minier. Une fois que nous aurons la capacité d'extraire des ressources des astéroïdes, des planètes et des lunes, nous serons en mesure de les utiliser pour créer des structures importantes et complexes qui pourraient soutenir la vie humaine".*

B. AU GRAND PUBLIC

1) Historique du Fablab

Les Fabs labs sont un concept nouveau-né au début des années 90 par Neil Gershenfeld, professeur à la très célèbre école du Massachussetts « MIT » où il est également à la tête du prestigieux « Center for Bits and Atoms ». Son idée, pour le moins séduisante, était de fournir aux particuliers la possibilité de fabriquer presque tout par eux-mêmes. Selon lui, la meilleure façon d'apprendre et de comprendre comment fonctionne un objet est de le concevoir. La pratique avant la théorie en d'autre terme. Une simple notice ne suffit pas à cerner réellement les capacités d'un produit. Il a appelé ce concept « learning by doing ».

Il a donc, pour ce faire, décidé de créer des « laboratoires » où de telles réalisations seraient possibles. 20 millions de dollars furent nécessaire pour équiper son laboratoire de toutes les technologies émergentes indispensable à la réalisation d'un tel projet.

Un problème est néanmoins vite apparu, celui de la difficulté d'utilisation de ce type de technologies. C'est pourquoi le professeur Gershenfeld a décidé de concevoir un cours prévu à cet effet. L'intitulé de ce cours était « how to do almost everything ». Le titre se voulait provocateur de manière à éveiller l'intérêt des étudiants, ce qui fonctionna à merveille. Les résultats furent sans appel, la créativité dont les étudiants faisaient montre était surprenante. Il y eut par exemple un réveil contre lequel il fallait se battre pour l'éteindre ou encore un navigateur internet pour perroquet ! Ces étudiants n'avaient pour la plupart aucun bagage technique, seulement une véritable volonté d'innovation.

Neil Gershenfeld prit alors vraiment conscience du potentiel du projet. Une production aussi spécifique et personnalisé pouvait en effet séduire de nombreuses personnes. Chacun, à sa manière, cherche à se différencier, à être unique. Cette différentiation se fait en grande partie sur les produits qu'on achète. Des biens qui restent néanmoins accessible à tous. Le Fablab est apparu aux yeux de la population comme un formidable moyen de différenciation ainsi qu'un outil de création sans limite

C'est ainsi que le mouvement Fablab s'est vraiment lancé. Neil Gershenfeld laissa l'accès à ces équipements aux personnes intéressées par le concept. Avec 20 000 dollars d'équipements, ils ont réussi à réaliser ce qu'un laboratoire peut faire avec 200 000.

Le concept s’est ensuite étendu dans le monde entier à une vitesse et dans des lieux surprenant. C’est ainsi qu’on a découvert la création de Fablab dans des lieux tels que le Nord de la Norvège ou encore au fond du Ghana par exemple.

Les Fablab sont alors devenu un concept transmettant un réel message. On voyait dans ce phénomène l’occasion de faire des choses jugé impossible auparavant pour des particuliers. On donnait, via ce projet, une chance à chaque individu de créer, d’innover, …

2) Les enjeux d’un tel projet

a) Un concept particulièrement prometteur dans les pays émergents

Prenons l’exemple du Fablab installé au Ghana. Une petite fille a réussi à créer en une après-midi un circuit imprimé. Cette réalisation fut filmée et envoyé à des ingénieurs de grandes entreprises qui ont avoué qu’ils n’auraient pas été capables de réaliser un tel montage en si peu de temps. Ceci montre que chaque individu est capable de grandes choses lorsqu’on lui en donne les moyens. Cet exemple n’a néanmoins aucune conséquence positive sur les alentours.

Aussi les utilisateurs de Fablab dans les pays émergents se sont penchés sur des problèmes de taille nationale comme l’instrumentalisation de l’agriculture en Inde ou encore la transformation de l’énergie sous forme de turbine à gaz au Ghana. Au fur et à mesure, ces Fablabs commencèrent à développer de plus en plus d’inventions, leurs inventions. Ces laboratoires devenaient petit à petit de véritables laboratoires de recherches. Au point que certains étudiants du MIT aillent faire leurs thèses là-bas car ils étaient plus innovants.

Cet engouement des pays émergents a permis de mettre en évidence une idée fondamentale, celle de la potentialité de chaque être humain. La plupart des problèmes actuelles telle que l’écologie, la gestion de l’énergie, … sont géré par une infime parti de la population via des projets colossaux. Cette manière de procéder, très centralisé, laisse bien souvent des zones non traitées. Les personnes chargés de gérer ce type de problèmes n’ont qu’une vision très globale du problème. Via les Fablab, Neil Gershenfeld veut résoudre cela en transmettant un message visant à pousser chaque individu à développer son esprit créatif pour trouver des solutions face à des problèmes auxquels ils doivent faire face. Ainsi chaque problème est traité de manière localisé par des personnes ayant une vision très précise du problème. Ces populations peuvent ainsi

s’émanciper des grandes instances souvent trop occupé pour répondre à leurs problèmes.

b) Les Fablab, un lieu destiné à l’innovation

Les Fablab sont des lieux incitant à l’innovation pour plusieurs raisons.

La première concerne le matériel. Toutes les machines présentes sur les lieux ont une fonction principale, celle de rendre réel une idée abstraite. En d’autre terme, elle permet à une personne de réaliser à partir d’une idée qu’elle possède un prototype. Si celui-ci se révèle fonctionnelle, le processus de fabrication peut alors commencer. Cette méthode présente de réels avantages pour les entrepreneurs trop souvent ralentit par une étape de modélisation très longue. Cela permet à quelqu’un qui possède une idée de se lancer dans une démarche de création sans être sûr à 100% de la viabilité de son produit.

Au-delà des machines, les Fablab sont des lieux d’échanges. Chaque personne vient d’un milieu différent apportant avec lui des connaissances spécifiques. Les machines ne sont que des outils mis à disposition de personnes avec des idées. Et ces idées viennent en parti grâce à ces échanges. Des échanges qui sont notamment facilité au sein des Fablab grâce à un état d’esprit global identique. Tous ceux qui se rendent dans là-bas y vont aussi pour cela. C’est d’ailleurs une des valeurs phares du concept. Chacun apporte sa pierre à l’édifice. Ces lieux permettent donc à quiconque possédant un minimum de connaissance de se créer un solide réseau de personnes possédant des compétences diverses et variées. Ce qui est absolument essentiel pour innover.

c) De véritables enjeux éducatifs

En outre les enjeux économiques, ce concept présente de véritables enjeux éducatifs. Le système français par exemple, est connu pour être dans un système assez abstrait où la théorie prône la pratique. Les Fablab proposent de renverser cette tendance. L’idée est de faire les choses pour les comprendre afin d’être plus à même de les théorisées et pas l’inverse. Le fonctionnement d’un système est toujours plus facile à comprendre lorsque nous sommes à l’initiative de sa réalisation plutôt que lorsqu’on lit la notice d’utilisation. C’est sur ce principe là que les Fablab ont mis l’accent, permettre à des étudiants qui voudraient réellement comprendre comment marche un système de

pouvoir le faire via ces laboratoires. Tout le système éducatif pourrait être adapté à cette nouvelle manière d'apprendre en travaillant plus sur du concret et de la réalisation plutôt que sur de la théorie.

d) Une réelle opportunité pour les grandes entreprises

Ce concept pourrait représenter une réelle menace pour les grandes entreprises si celles-ci ne parviennent pas à trouver leurs places dans ce nouveau phénomène. Ces entreprises ont pour la plupart un potentiel d'innovation moins important que ces Fablab. Les entreprises doivent être conscientes de cela pour pouvoir ensuite intervenir dans le processus. Car ces grandes entreprises ont indéniablement un rôle à jouer dans ce nouveau phénomène, celui d'intermédiaire. Ces Fablab ont une capacité de commercialisation très réduite comparé à ces grosses structures. Un partenariat serait donc profitable pour les deux parties.

II. IMPLICATION

A. VALEURS AJOUTEES

Avec sa démocratisation, l’imprimante 3D met en avant bien des enjeux, aussi bien positifs que négatifs, obligeant les institutions à mettre des limites à cette technologie.

1) Bénéfices industriels

Pour de nombreux professionnels dans le domaine, l’imprimante 3D représente une nouvelle révolution industrielle. A petite et moyenne échelle, l’entrée de l’imprimante 3D offre aux industries une plus grande efficacité de production. De plus en plus précise et fiable, et de moins en moins chère, cette technique, autrefois réservée aux géants de l'industrie, se répand. A la clé : de nouvelles façons de produire. Même le grand public commence à rêver d'imprimer un jour à la maison les objets de la vie courante qu'il achète aujourd'hui en magasin.

Un point de vue que partage le président américain Barack Obama, qui, lors de son dernier Discours de l'Union, a vu grand : il a appelé à la création de pôles industriels autour des fablabs pour ramener des emplois aux Etats-Unis.

Pour l'heure, ce sont surtout les grands manufacturiers qui tirent profit de cette nouvelle technologie. Avec comme objectif une accélération spectaculaire des processus de conception des nouveaux produits. L'impression tridimensionnelle est, comme nous l’avons précédemment mentionné, entrée dans les entreprises par l'intermédiaire des bureaux d'études.

Cette technique permettant de réaliser une maquette en seulement quelques heures, elle épargne aux ingénieurs le recours à des prototypistes externes, aux délais bien plus longs. Les constructeurs automobiles ont été séduits les premiers. PSA Peugeot Citroën, par exemple, dispose d'imprimantes 3D depuis plus de dix ans. Mais cette technologie a progressé à pas de géant. La société vient ainsi d'acquérir un modèle Fortus FDM 900, un monstre de trois tonnes à plus de 350 000 euros, qui peut imprimer des pièces de pratiquement un mètre de côté.

“ Si nous avons investi dans une telle machine, c'est pour gagner en réactivité“, explique Philippe Gilleron, responsable des études et de la réalisation des prototypes chez ce constructeur automobile. Nous passons directement du modèle en trois dimensions à la

pièce physique. Au-delà de la réduction des coûts, nous gagnons énormément de temps en phase de prototypage. Cela peut aller jusqu'à six mois ! ” Résultat : des nouveaux modèles sont mis sur le marché plus rapidement, et leurs performances améliorées.

Ainsi, Lamborghini a largement fait appel à l'impression 3D pour créer la coque de son modèle le plus prestigieux, l'Aventador. Avec une technique « traditionnelle », il aurait fallu, pour concevoir le baquet central, quatre mois de travail – et un investissement de 40 000 dollars. Le constructeur italien l'a fait en vingt jours, et pour 3 000 dollars ! La vitesse de réalisation a permis aux ingénieurs de réaliser plusieurs versions afin d'optimiser le design. Ils ont ainsi pu diminuer le poids de la pièce de moitié, tout en améliorant sa géométrie afin de faciliter le montage du véhicule sur la chaîne de production.

Progressivement, cette technique a conquis d'autres marchés que l'aéronautique et l'automobile. Le secteur de la mode, entre autres, y trouve son compte. Pour valider un nouveau design de chaussures, Adidas avait besoin auparavant de quatre à six semaines. Aujourd'hui, ce délai a été ramené à un ou deux jours. D'ailleurs, tous les fabricants de chaussures de sport s'y sont mis. Salomon, Puma, Reebok… Nike a même fait de l'impression 3D un véritable argument marketing pour ses Vapor Laser Talon destinés aux footballeurs, le premier modèle de l'histoire qui n'est plus fabriqué, mais imprimé. Avec ses crampons intégrés à la structure, le tout pèse seulement 159 grammes !

Côté français, on peut citer l'entreprise de jouets Smoby, qui s'est équipée d'une telle machine voici à peine plus d'un an. Elle fonctionne en moyenne dix-huit heures par jour pour concevoir des prototypes. Autre domaine d'activité dans lequel l'impression 3D commence aussi à percer : l'architecture, où elle simplifie la conception des maquettes. « Nous sommes encore limités par la taille des modèles, mais cette technique se révèle d'une aide précieuse dans les phases amont des projets, lorsque nous en sommes encore au stade des études de faisabilité. C'est devenu un soutien appréciable pour expliquer nos intentions au client », explique Jérémy Louette, architecte chez Pietri Architectes à Paris.

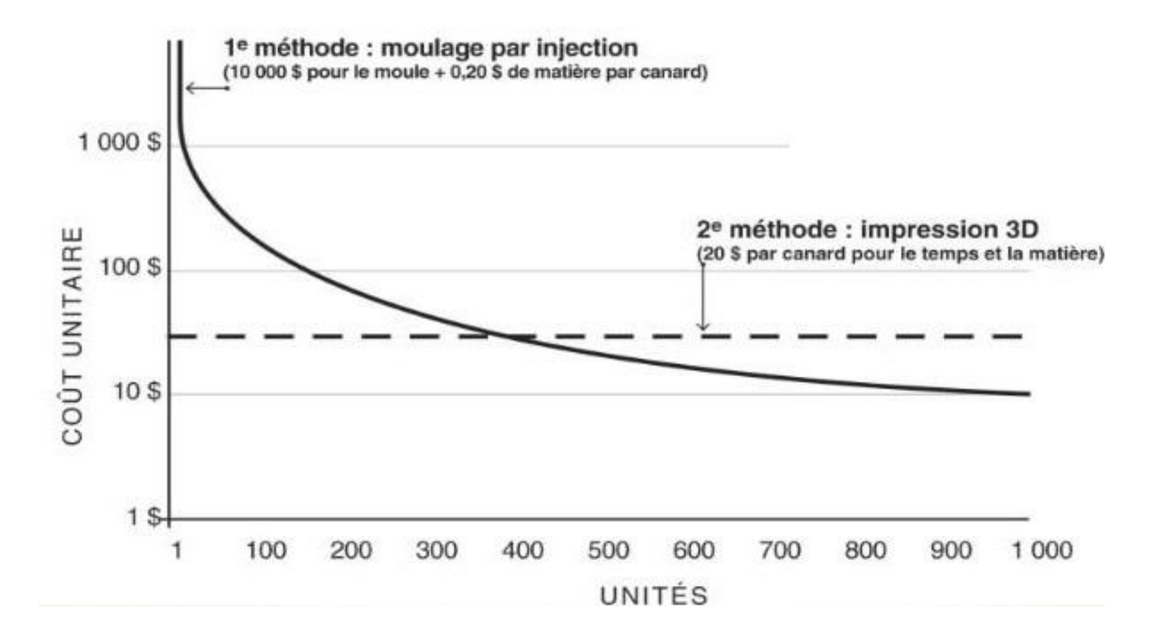
Ces machines séduisent de plus en plus largement, car même si leurs prix restent élevés (de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers d'euros, voire de centaines de milliers, pour une seule imprimante professionnelle), la qualité de leur production progresse, et de plus en plus de matériaux peuvent être utilisés. L'aéronautique militaire, pour laquelle les séries à concevoir sont relativement faibles, réalise ainsi des prodiges grâce à cette technologie qu'elle pousse jusque dans ses retranchements.

2) Conséquences concurrentielles, économiques, et en productivité.

En somme, l'impression en 3D bouleverse, petit à petit, le modèle économique et de production de nos sociétés dans tous les domaines. Fabriquer soi-même ses prototypes, ses composants, ses modèles, ou mêmes objets commercialisables, et pourquoi pas personnalisés, engendre une baisse des délais, mais aussi une baisse d'interaction entre l'entreprise et ses sous-traitants, en arrivant peut-être un jour à une presque autosuffisance. La fabrication de composants, d'objets ou même d'outils en 3D présente un avantage concurrentiel certain: gain de temps de fabrication, suppression de plusieurs maillons de la chaîne de fabrication et commercialisation plus rapide.

Par ailleurs, un autre point très important, l'impression 3D peut stimuler l'innovation en entreprise: elle permet de créer rapidement des prototypes et des maquettes, avec une prise de risque quasi nulle. La capacité d'innovation accessible à tous, le moyen de prototyper la moindre idée est une grande partie du changement économique que propose l'impression en 3D

L'imprimante 3D offre aujourd'hui l'avantage d'une grande flexibilité dans le processus de fabrication. Chaque objet peut être fabriqué d'une manière individualisée pour répondre aux diverses demandes ou bien pour s'adapter en temps réel aux changements de la demande du marché. C'est une opportunité nouvelle pour créer un marché de productions personnalisées qui était inexistant auparavant.



La technique d'impression 3D modifie la structure des coûts: le coût unitaire de fabrication pour les grandes séries est certes plus élevé que celui de la fabrication traditionnelle, mais il est meilleur marché pour les petites séries et les très faibles quantités personnalisées (*Cf. schéma çi-dessus –Exemple de production d'un canard en plastique extrait de Makers,*)

3) Valeur Ajoutée aussi pour l'environnement

A plus grande échelle, l'impression en 3D apporte des solutions positives pour une meilleure protection de l'environnement. En effet, un objet créé en 3 dimensions, peut être envoyé et imprimé partout dans le monde grâce à une imprimante 3D. Un simple envoi par mail permet de disposer du fichier. Il n'est plus nécessaire de passer des commandes parfois à l'autre bout du monde, ce qui nécessite des coûts d'emballage, de stockage et de transport souvent conséquents.

La logique industrielle se base sur une production de masse qui permet de réaliser des économies d'échelle. Ceci nécessite des volumes de vente importants et encourage la surconsommation. Les productions toujours plus importantes entrainent des productions massives de déchets, d'emballages, de nombreux transports, et une grande consommation d'électricité. En produisant des pièces uniques, l'impression 3D s'affranchit totalement de ce système. La production peut devenir locale, et personnalisée.

Aussi, bien que les plastiques utilisés par les imprimantes 3D soit généralement recyclables, ils ne représentent pourtant pas la meilleure solution pour l'environnement. Actuellement, des équipes travaillent sur la possibilité de remplacer le plastique par d'autres matériaux plus propres et plus durables. C'est le défi que s'est lancé l'agence Emerging Objects, qui espère bientôt imprimer avec de l'argile, de la boue, ou encore de la pulpe de bois.

L'impression 3D est si précise qu'elle évite tout gaspillage de matière. En effet, seule la matière nécessaire est utilisée lors de l'impression, il n'y a aucune chute de matière car l'objet est imprimé à la perfection.

Un autre point, lorsque les imprimantes 3D seront devenues un objet du quotidien dans les foyers, il sera alors possible de réparer soi-même des objets plutôt que de les jeter. Par exemple, on pourra réparer une chaise dont le pied est cassé en imprimant chez soi

la partie nécessaire que l'on trouvera sur internet, ou même si on ne dispose pas de l'imprimante chez soi, sa démocratisation fera que la pièce manquante sera bien plus facile à trouver et à acheter. On pourra même transformer à domicile des déchets plastiques, comme le propose l'entreprise Filabot. Leur concept permet de transformer un objet comme une bouteille en plastique en un filament, réutilisable pour l'impression 3D.

B. LIMITES DE CETTE TECHNOLOGIE

L'imprimante 3D a avant tout été créée pour le domaine spatial et malgré les avantages que cet outil procure sur les plans industriels et particuliers, des limites se font ressentir à plusieurs niveaux et impacterait plusieurs aspects dans un avenir proche dans le cas où la vulgarisation de cet instrument se réalise et permette à tous de réaliser tout ce qu'ils désirent.

1) Une certaine insécurité se dégage de cette technologie

Tout d'abord, la démocratisation de cet instrument permet aux particuliers de fabriquer quelconque objet chez eux sans aucune assistance. C'est ainsi que des armes peuvent être produits par l'imprimante 3D à partir de plans mis à disposition de tous sur la grande toile qu'est Internet. C'est le cas d'Eric Mutchler, un ingénieur américain et fondateur de Solid Concepts[1] qui a d'ailleurs imprimé les 30 pièces métalliques du premier pistolet conçu en métal dans le monde, le Colt M1911. La fiabilité de l'arme est si intacte qu'aucune défaillance n'a été détectée et l'arme a pu tirer à 50 reprises sur une ciblé placée à 25 mètres. Cet exemple nous prouve l'efficacité de cet outil révolutionnaire qui se popularise de plus en plus.

Des risques qui ne peuvent pas être en surveillance constante ne peuvent pas être négligés et doivent ainsi être anticipés. Les pièces reproduites à partir des fichiers peuvent être défectueuses ou comporter des propriétés incomplètes. Les propriétés physiques, chimiques et mécaniques ne sont pas absolument exactes aux pièces originales. Ceci peut alors se révéler dangereux pour les utilisateurs finaux des produits.

Par cette accessibilité de tous, une certaine insécurité est alors décelée étant donné que les armes peuvent alors être dans les mains d'individus de tous âges ayant ou non un permis de posséder une arme. Egalement, même étant fabriquée en plastique, une arme reste une menace mais la matière est alors indétectable dans les portiques et scanneurs d'aéroports que ce soit dans les aéroports ou encore les prisons ce qui peut amener des personnes malveillantes tels des groupes de terroristes à franchir des limites. Illustrant cet exemple, un site djihadiste a également publié à tous des

---

[1] Entreprise fondée en 1991 fournisseur entre autres de prototyping rapide ainsi que de fabrication numérique.

instructions pour l'instrument tridimensionnel afin de créer des armes tel des armes de poing et grenades en polymère peu onéreuses et avec des matières facile d'accès.

2) Une nuisance pour la santé des utilisateurs ?

De plus, des études menées par des instituts de recherche ont prouvé que des poussières microscopiques également appelées particules ultrafines qui se dégageaient des machines lors des actions de fabrication. Ces particules sont émises lorsque les thermoplastiques sont fondus, ensuite déposés couche par couche et pour finir re-solidifiés. Les débits peuvent être de 20 à 200 milliards par minute selon les matériaux.

Ces microparticules se révèlent ainsi dangereuses – au même titre que la consommation de cigarettes – pour la santé des utilisateurs selon la nature des matériaux chimiques utilisés. Il faut ainsi être prudent dans des environnements ni ventilés ni filtrés en cas de dépôt dans les voies respiratoires des utilisateurs.

3) La propriété intellectuelle

Une des conséquences néfastes de l'imprimante 3D est le préjudice incontestable causé aux détenteurs d'une marque ou d'une œuvre graphique ou encore plastique. Cet impact pourrait être similaire aux effets produits sur l'industrie musicale il y a quelques années avec les téléchargements de fichiers numériques. Pour en revenir au cas de l'imprimante 3D, il est en effet tout à fait possible de reproduire des objets existants déjà sur le marché même s'ils sont protégés par des brevets ou autres droits relatifs à la propriété intellectuelle. Que ce soient des pièces de rechange pour tout ce qui concerne les appareils électroménagers, des pièces de jeux, des accessoires de mode ou encore des dispositifs pour des expériences scientifiques, ils ne sont pas tous considérés comme des pièces de contrefaçons.

En effet, les impressions 3D ne sont pas toutes considérées comme illicites et les personnes fabriquant à partir de cet outil révolutionnaire ne peuvent pas toutes être poursuivies avec le motif de contrefaçon. Par exemple, les copies non commerciales et utilisées dans un cadre public – éducation par exemple – ne sont pas sanctionnées, même application de la loi lorsque les objets copiés ne portent pas atteinte aux droits

des dessins et modèles. Cependant, la reproduction d'œuvres artistiques enfreint les droits d'auteur qui lui sont liés. Etant donnée la législation qui confond les esprits des utilisateurs, il sera d'autant plus difficile pour les particuliers de différencier les usages légitimes et illicites des imprimantes 3D.

4) Conséquences économiques irréversibles

L'impact sur les achats, les ventes et la production est considérable. Il est nécessaire de ne pas négliger les impacts sur l'industrie parce que la croissance économique des pays du monde entier pourrait pâtir de l'utilisation de cet outil.

Des entreprises qui faisaient appel à des sous-traitants pour la création de pièces nécessaires à la fabrication de produits phares, des partenariats créés entre usines ou entreprises de différents pays : ces cas pourraient disparaitre au fil du temps. En effet, il serait moins couteux pour une entreprise d'investir dans une nouvelle technologie telle l'imprimante 3D que de faire appel à une usine ou à un partenaire situé dans un autre pays ou même continent. Inévitablement, cela influencerait également les sociétés de transport. Dans une éventualité plus définitive, cela pourrait amener à un système d'autarcie qui entraverait le libre-échange avec les autres pays et conduirait à une industrie locale. De plus, les travailleurs ne seraient plus aussi indispensables qu'ils le sont aujourd'hui aux entreprises. Il ne serait pas surprenant d'assister à une robotisation des employés par les imprimantes 3D. Ainsi, les pertes d'emplois ne sont pas à négliger et l'économie serait impactée durablement et il serait concevable d'assister à une crise économique mondiale sans précédent.

Concernant l'usage au grand public, l'imprimante tridimensionnelle pourrait engendrer une indépendance de la part des ménages. Il leur est désormais possible de créer les produits – à couts réduits – dont ils ont besoin et éventuellement d'y ajouter des modifications techniques ou technologiques s'ils en éprouvent l'envie. Les particuliers pourraient ainsi devenir les concurrents directs des industries. Cette éventualité ne sera pas immédiate puisque la commercialisation actuelle des imprimantes impose des matériaux et les tailles sont limitées – à moins que les objets de tailles conséquentes ne soient fabriqués en plusieurs étapes. Par exemple, en prenant une figurine de taille importante, il serait nécessaire de créer l'objet par des morceaux distincts : les jambes et les bras séparément, le torse et la tête.

5) Une utilisation qui peut s'avérer complexe

Egalement, inévitablement associés à l'imprimante 3D, de nombreux logiciels sont nécessaires afin d'avoir une approche complète pour l'impression d'objets. Il y a tout d'abord des logiciels pour créer les plans en 3D, ensuite il faut les convertir en fichiers STL[2] – programme qui est utilisé dans le cadre de la Conception Assistée par Ordinateur (CAO). Egalement, un autre logiciel est nécessaire afin de lire le fichier et découper les plans 3D de façon horizontale afin de pouvoir transmettre les instructions à l'imprimante pour qu'elle les fabrique au biais d'une technique additive développée pour la fabrication commandée par ordinateur. Ainsi, considérant tout de même tous ces types de logiciels pour réaliser des objets issus de machines tridimensionnelles, il s'agit d'un processus long et complexe pour un utilisateur pas encore initié à cette technique.

Les limites sont ainsi à surveiller car les conséquences des usages de ces objets produits par le biais des imprimantes tridimensionnelles sont à surveiller et surtout à anticiper. Des recommandations sont à appliquer afin de protéger les œuvres d'auteurs, d'assurer une sécurité au grand public mais également de considérer l'aspect économique du pays.

[2] Les fichiers STL désignent un format utilisé dans les logiciels de stéréolithographie pour réaliser du prototypage rapide – méthode de fabrication par ordinateur – ainsi que la fabrication assistée par ordinateur.

III. RECOMMANDATIONS

A. Recommandations marketing : Comment démocratiser / promouvoir l'imprimante 3D

Aujourd'hui, le consommateur à un nouveau rapport au temps, à soi, aux autres ! Il ne s'agit plus de consommation de masse, de consommer comme tout le monde, pour appartenir au groupe. Aujourd'hui le consommateur veut se différencier, sortir de la masse, il cherche à s'affirmer par ses achats. Mais en plus, il cherche à consommer vite, il n'a plus le temps de passer le samedi après-midi en famille au centre commercial. L'acte de consommation n'est plus un loisir, le consommateur ne veut plus que ce dernier empiète sur son temps libre, il va préférer utiliser les courses en lignes, la livraison en domicile ou en magasin, le e-commerce pour s'adonner à d'autres activités. L'imprimante 3D permettant une création à la demande, chez soi ou localement, et complétement personnalisable, cette nouvelle technologie s'inscrit parfaitement de cette nouvelle tendance de consommation, créant ainsi un premier levier.

De même, il est important de noter, toujours en rapport avec ces nouvelles tendances de consommation, que nous sommes aujourd'hui dans une ère de la consommation d'expérience. Le client veut vivre et découvrir le produit/service lorsqu'il l'achète. Le produit doit être un générateur de lien social, de valeurs. Le consommateur est à la recherche d'immersion, souhaite participer à quelque chose, sortir de son quotidien et ne plus seulement être passif dans son acte d'achat. Il a besoin d'être fédéré autour de valeurs dans lesquels il se reconnait, a besoin d'intervenir. Le consommateur veut être acteur, interactif avec son produit/service. L'imprimante 3D s'inscrit également parfaitement dans cette tendance. Puisqu'en effet le consommateur n'est pas un consommateur-passif mais un consommateur-acteur étant donné qu'il peut être mis à contribution dans la phase de conception s'il souhaite par exemple commander un produit qu'il a personnalisé auprès d'un professionnel disposant d'outils 3D ou de fabrication s'il achète un fichier 3D pour ensuite l'imprimer chez lui, créant ainsi un second levier.

L'imprimante 3D s'inscrit donc dans deux tendances de consommation majeures d'aujourd'hui et c'est sur ces deux piliers que les professionnels du secteur doivent établir leurs stratégies marketing pour participer à la démocratisation et à la promotion de l'imprimante 3D auprès du grand public.

B. Recommandations d'intelligence économique : Comment protéger la valeur ajoutée apportée par l'imprimante 3D

L'une des premières comparaisons avec cette innovation qui vient à l'esprit est bien évidemment celle de l'industrie musicale et du téléchargement illégal. Il est évident que les secteurs touchés par les conséquences de la démocratisation de l'imprimante 3D devront s'adapter et proposer des solutions pour se diversifier, et ne pas reproduire le schéma d'aveuglement et lutte désespéré de de l'industrie musicale face au téléchargement. La résistance au changement n'est jamais la bonne solution, l'histoire l'a prouvé mainte fois. Le modèle pyramidale, linéaire avec des relations à sens unique entre des hiérarchies établies (Major – Artiste – Distributeur – Consommateur ici) ne résiste pas au modèle plus complexe et plus enchevêtré du réseau. Comment gagner si vos clients / consommateur devienne vos concurrents en produisant eux-mêmes leur produit ? La solution la plus raisonnable semble bien celle prônait par les Fablabs, à savoir Expérimentez, Apprendre, Fabriquer ensemble et Partagez les savoirs faires.

De la même façon que ce fut le cas avec internet et l'industrie musicale, de par l'essor de cette technologie et le manque de protection de la propriété intellectuelle, il est nécessaire d'établir une législation précise de l'usage d'objets issus de l'impression 3D. En effet, les détenteurs de brevets ou autres droits d'auteurs de propriété industrielle devraient voir la production de « leurs objets » contrôlée.

Etant donné qu'il est actuellement complexe de pouvoir contrôler les produits fabriqués par des particuliers, il serait nécessaire que la législation se développe par de nouvelles mesures innovantes et adaptées.

Il serait possible de contrôler l'accès aux fichiers de fabrication tridimensionnel sur les sites Internet.

Egalement, il serait envisageable de créer des logiciels ou des fichiers permettant d'imprimer par 3D un objet et donc qu'après la seule et une unique utilisation, le fichier soit supprimé ou inutilisable.

Des professionnels pourraient aussi créer une identité numérique – avec un identifiant, une adresse IP ou toute autre donnée numérique – afin d'évaluer et de déterminer la production via impression 3D de façon concrète.

Aussi, le développement de la technologie en impression 3D, nous l'avons dit, révolutionne la manière de produire, le modèle économique, et la façon d'interagir entre les différents acteurs de l'industrie.

Il faut alors totalement repenser le modèle d'échanges entre les entreprises. En effet, disposer d'un outil de production si effectif sur place réduirait considérablement les différents transports de marchandises nécessaires. Pourquoi ne pas alors développer un tout autre type d'échanges : les échanges de connaissances, dématérialisés, plus solides et durables.

L'imprimante 3D fonctionnant grâce à une inscription numérique, il serait judicieux de breveter ces inscriptions (correspondant à tel ou tel type de pièce standard pour l'industrie automobile par exemple, dans un premier temps). Ensuite ces inscriptions seraient vendues à différentes entreprises de production, à moyenne ou grande échelle. Par la suite, pourquoi ne pas breveter des pièces personnalisées, coques de téléphones, portes clés, objets décoratifs… Que le consommateur lambda pourrait acheter via un site internet et ensuite recevoir par email ou bien télécharger, pour enfin programmer son imprimante à domicile et imprimer l'objet. Ceci permettrait de canaliser et marchander l' « anarchie créative » que pourrait engendre cette technologie, cette folle idée de pouvoir tout construire, tout imprimer, chez soi.

Ce nouveau type d'échange, totalement numérique permettrait de suivre beaucoup plus précisément les échanges internationaux, sans frais de port, d'une simplicité extraordinaire, suivant le schéma de l'innovation et d'un futur plus propre.

CONCLUSION

Dans le trio que composent les grands gagnants de l'impression 3D, on retrouve logiquement les maillons de la chaîne de fabrication, de production et d'alimentation. Certaines études montrent que le marché sur lequel se positionnent ces acteurs oscille entre 3 milliards de dollars en 2018 et 5,2 milliards en 2020. Comme nous l'avons vu de nombreuse industrie en seront impactés et de nombreuses idées de business sont à la portée de tout entrepreneurs audacieux : boutiques de coques de smartphone personnalisables, art de la table, luminaires, objets décoratifs, produits ludiques (jeux enfants ou adultes...).Quoi qu'il en soit, l'industrie de l'impression 3D serait juteuse et profitable, d'où l'intérêt de détecter les grands gagnants…

- **Les fabricants d'imprimante 3D :** Deux leaders semblent s'imposer sur ce marché, tandis que beaucoup d'acteurs semblent s'intéresser à ce créneau juteux. MakerBot, le fabricant de l'imprimante Replicator 2, ou encore 3DSystems. De son côté, le constructeur Solidoodle rend accessible l'achat d'une imprimante 3D domestique pour moins de 400 euros, pouvant imprimer des objets de plus de 15 cm.

- **Les producteurs de fichiers 3D :** Trois sous-ensembles sont à distinguer sur cette partie: les concepteurs des fichiers, c'est à dire les personnes qui maîtrisent la CAO (Conception Assistée par Ordinateur), les éditeurs de logiciels (open-source ou sous licence) et les propriétaires de plateformes de vente de fichiers 3D (gratuits ou payants). Le savoir-faire de ces concepteurs sera une des compétences les plus recherchées sur ce marché. Là encore, les solutions open-sources jouent un rôle non-négligeable dans cette révolution, en permettant à chacun d'adopter un des logiciels (liste consultable sur monunivers3D), et de se former grâce à des tutoriels disponibles sur la toile. La magie d'internet et du partage des connaissances opèrent à nouveau. MakerBot a ainsi développé sa propre plateforme collaborative d'achat de fichier, baptisée Thingiverse. Il est clair que celui qui créera et rendra incontournable comme Itune pour la musique, une plateforme des fichiers 3D aura touché le jackpot !

- **Les fabricants de matières premières :** Que ce soient des voitures, des appartements, des vêtements ou des objets de toutes tailles, la matière première est la nouvelle cartouche d'encre de l'imprimante 3D. Les matériaux qui semblent émerger le plus sont donc la résine et les filaments plastiques, le

métal et certains alliages, le plâtre, voire même certains aliments tels que le chocolat. A noter qu'à l'inverse d'une imprimante classique à jet d'encre, toutes les imprimantes 3D, ne permettent pas l'utilisation de ces matières premières. Les compartiments de "recharge" ne sont évidemment pas les mêmes selon les matériaux. L'industrie pétrolière devrait encore avoir de beaux jours devant elle, grâce à la transformation plastique de l'or noir, pour alimenter les imprimantes 3D. A titre indicatif, Makerbot propose une recharge de filament de 48 dollars pour 1 kilo.

Certains experts s'expriment quant à la diffusion et la généralisation de l'imprimante 3D, ainsi que son arrivée dans les foyers des particuliers. La comparaison semble proche de celle d'internet. Au début, certains early-adopters avaient une connexion, tandis que les particuliers accédaient au web, via les webcafés. Il en serait de même avec l'imprimante 3D. Une reconversion à venir pour les cybercafés? A ce jour, des acteurs comme Sculpteo jouent déjà ce rôle, en imprimant à la demande des consommateurs, les objets qu'ils commandent.

WEBOGRAPHIE

« Création de la première arme imprimée en métal » ; Consultable sur le lien Internet suivant : http://www.lemonde.fr/technologies/article/2013/11/08/creation-de-la-premiere-arme-imprimee-en-metal_3510891_651865.html

« Les armes sorties des imprimantes 3D : Avantages et inconvénients » ; Consultable sur la Voix de la Russie et sur le lien Internet suivant : http://french.ruvr.ru/2013_11_13/Des-armes-sorties-d-imprimantes-3-D-0906/

« Imprimante 3D : la première arme en métal créée ! » ; Consultable sur le lien Internet suivant : http://www.byothe.fr/2013/11/imprimante-3d-la-premiere-arme-en-metal-cree/#more-1712

« L'imprimante 3D : nouvelle arme des terrorristes ? » ; Ecrit par Paul Therrien et Consultable sur le lien Internet suivant : http://fr-ca.actualites.yahoo.com/blogues/sur-le-radar/l-imprimante-3d--nouvelle-arme-des-terroristes--204333139.html

« Impression 3D et propriété intellectuelle » ; Consultable sur le lien Internet suivant : http://www.alain-bensoussan.com/avocats/impression-3d-propriete-intellectuelle/2013/11/07

« L'impression 3D et la propriété intellectuelle » ; Ecrit par Anne-Sophie Cantreau et Consultable sur le lien Internet suivant : http://www.it-expertise.com/limpression-3d-et-la-propriete-intellectuelle/

« L'impression 3D, une révolution et un champ de bataille juridique » ; Ecrit par Guillaume Seligmann et Consultable sur le lien Internet suivant : http://www.lesechos.fr/opinions/points_vue/0203073335761-l-impression-3d-une-revolution-et-un-champ-de-bataille-juridique-620218.php

« Propriété intellectuelle : questions posées par la démocratisation du printing 3D » ; Consultable sur le lien Internet suivant : http://pi.sirris.be/PI/newsItem.aspx?id=11556&LangType=2060

« L'imprimante 3D : La machine à vapeur du XXIème siècle ? » ; Ecrit par Martin Untersinger et Consultable sur le lien Internet suivant : http://www.rue89.com/2012/10/17/revolution-limprimante-3d-la-machine-vapeur-du-xxie-siecle-236194

« Le versant sombre des imprimantes 3D » ; Ecrit par David Larousserie et Consultable sur le lien Internet suivant : http://www.lemonde.fr/sciences/article/2013/08/26/le-versant-sombre-des-imprimantes-3d_3466650_1650684.html

« Optimiser l'imprimante 3D » Mode d'emploi consultable sur le lien internet suivant : http://serialmakers.com/optimiser-limpression/

« Avantages de l'impression en 3D » Présentation sommaire consultable sur le lien internet suivant : http://www.zcorp.com/fr/Products/3D-Printers/Advantages-of-3D-Printing/spage.aspx

« Pourquoi l'impression 3D va doper l'économie » Article consultable sur le lien internet suivant : http://pro.01net.com/editorial/599165/pourquoi-limpression-3d-va-doper-leconomie/

« L'imprimante 3D, la nouveauté qui va bouleverser nos modes de vie » Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.economiematin.fr/les-experts/item/5629-imprimante3d-nouveaute-technologie

« L'impression 3D, les bénéfices pour l'environnement » Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.ochelys.com/impression-3d-les-benefices-pour-environnement/

« Les imprimantes 3D : Une révolution ? » Vidéos visionnées sur le lien Internet suivant : http://future.arte.tv/fr/sujet/les-imprimantes-3d

« Technologie : l'impression 3D décolle dans l'aéronautique » ; Article consultable sur le lien Internet suivant : http://www.leparisien.fr/informations/technologie-l-impression-3d-decolle-dans-l-aeronautique-14-10-2013-3224223.php

« Imprimantes 3D : HP défie les deux géants du marché 3D et Stratasys » ; Ecrit par Lucie Robequain et Consultable sur le lien Internet suivant : http://www.lesechos.fr/entreprises-secteurs/industrie-lourde/actu/0203126296863-imprimantes-3-d-hp-defie-les-deux-geants-du-marche-3d-et-stratasys-629473.php

« L'impression 3D et le futur des objets » ; Ecrit par Catherine Jewell et Consultable sur le lien Internet suivant : http://www.wipo.int/wipo_magazine/fr/2013/02/article_0004.html

« Impression 3D : les applications » ; Article consultable sur le lien Internet suivant : http://fr.3dilla.com/impression-3d/applications/

« Comment utiliser l'impression 3D en entreprise » ; Ecrit par Mathilde Berchon et consultable sur le lien internet suivant : http://business.lesechos.fr/directions-generales/numerique/comment-utiliser-l-impression-3d-en-entreprise-8415.php

« Imprimante 3D : vers une révolution des modes de vie » ; Article consultable sur le lien Internet suivant : http://www.jolpress.com/imprimante-3d-relief-objets-technologie-article-820815.html

« Pour l'automobile, l'aéronautique et le BTP, l'impression en 3D, c'est une vieille histoire » ; Ecrit par Delphine Cuny et consultable sur le lien internet suivant : http://www.latribune.fr/technos-medias/informatique/20130709trib000774805/pour-l-automobile-l-aeronautique-et-le-btp-l-impression-en-3d-c-est-une-vieille-histoire.html

« De l'impression 3D pour les bâtiments » ; Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.culturellement-geek.com/actus/contour-crafting#.UqYWUlIcHZw

« The past, present and future of 3D printing » ; Article consultable sur le lien internet suivant :www.washingtonpost.com/national/on-innovations/the-past-present-and-future-of-3-d-printing/2011/08/21/gIQAg4f JZJ_story.html

« 3D printing will revive American manufacturing » ; Article consultable sur le lien internet suivant : www.forbes.com/sites/richkarlgaard/2011/06/23/3d-printing-will-revive-american-manufacturing/30

http://investor.cafepress.com/secfiling.cfm?filingID= 1193125-12-135260&CIK=1117733

« L'imprimante 3D, outil d'une nouvelle révolution industrielle ? » ; Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.rslnmag.fr/post/2012/07/16/L-imprimante-3D-outil-d-une-nouvelle-revolution-industrielle.aspx

« L'imprimante 3D un nouvel avenir pour la médecine » ; Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.rslnmag.fr/post/2012/11/28/L-imprimante-3D-un-nouvel-avenir-pour-la-medecine.aspx

« L'imprimante 3D à la conquête de l'espace » ; Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.rslnmag.fr/post/2013/10/22/l-imprimante-3D-a-la-conquete-de-l-espace.aspx

« *Les valeurs des bits et des bytes, comment définir la propriété intellectuelle ?* » ; Article consultable sur le lien internet suivant :

http://www.rslnmag.fr/post/2012/05/13/La-valeur-des-bits-et-des-bytes-comment-definir-la-propriete-virtuelle.aspx

« Le contours-crafting » : Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.culturellement-geek.com/actus/contour-crafting#.UptbCsRWym4

« *Imprimante 3D et reconfiguration politique » ;* Article consultable sur le lien internet suivant : http://yannickrumpala.wordpress.com/2012/02/02/impression-tridimensionnelle-et-reconfiguration-politique/

« Why 3D printing will go the way of virtual reality? »; Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.technologyreview.com/view/426702/why-3-d-printing-will-go-the-way-of-virtual-reality/

« Intervention TED de Neil Gershenfeld sur les Fablabs » ; Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.ted.com/talks/neil_gershenfeld_on_fab_labs.html

« Mais à quoi servent vraiment les Fablabs ? » ; Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.rslnmag.fr/post/2011/8/1/mais-a-quoi-servent_vraiment_les-fab-labs_.aspx

« La France regarde passer le train des FabLabs » ; Article consultable sur le lien internet suivant :http://www.latribune.fr/technos-medias/electronique/20130527trib000766738/la-france-regarde-passer-le-train-des-fablabs.html

« Faire émerger et connecter des Fablabs en France » ; Article consultable sur le lien internet suivant : http://fing.org/?Le-Fab-Lab-lieu-d-artisanat

« *Fablab projet »;* Article consultable sur le lien internet suivant : http://fablab.fr/

« Quelle place pour l'amateur dans les fablabs ? » ; Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.rslnmag.fr/post/2011/08/04/Quelle-place-pour-lamateur-dans-les-fab-labs-.aspx

« Le Fablab, lieu de l'artisanat » ; Article consultable sur le lien internet suivant : http://fing.org/?Le-Fab-Lab-lieu-d-artisanat

« Au Fablab, fabriquez vous-même votre machine à laver ! » ; Article consultable sur le lien internet suivant :http://blogs.rue89.com/innovation/2009/12/27/au-fab-lab-fabriquez-vous-meme-votre-machine-a-laver-130828

« The future is here: how 3D printing is opening the door to space colonization? » Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.forbes.com/sites/stevenkotler/2013/10/21/the-future-is-here-how-3d-printing-is-opening-the-door-to-space-colonization/2/

« Imprimante 3D, révolution industrielle » ; Article consultable sur le lien internet suivant : http://www.slate.fr/story/66105/imprimante-3d-revolution-industrielle

« Révolution : l'imprimante 3D, machine à vapeur du 21° siècle » ; Article consultable sur le lien internet suivant :http://www.rue89.com/2012/10/17/revolution-limprimante-3d-la-machine-vapeur-du-xxie-siecle-236194

Annexe : Entretien avec Norbert FRIAND, *Responsable du Service Aménagement et Usages du Numérique, Rennes Métropole / ville de Rennes*

- Quelle est la valeur ajoutée de cette innovation d'après vous?

En partant de la possibilité de fabriquer à proximité de chez soi ou à l'autre bout du monde un objet (tangible) à partir d'un fichier numérique, on imagine les opportunités en matière d'écologie (éviter des déplacements de matière, et de produits, nouveaux matériaux avec une empreinte plus légère, ...), d'économie (re-création de métiers en proximité, ...), de social (tiers lieux, partage de compétences, circuits courts, ...).

- Quelles sont les conséquences sur le modèle économique actuel?

De nouvelles perspectives plus basées sur les circuits courts (prototypage rapide et moins coûteux, personnalisation, conception collaborative, biens communs, production décentralisée, seconde vie des objets, ...).

- Quelle application vous semble la plus prometteuse?

Pas une application, mais des évolutions attendues sur les matières premières (recyclage, produit bio, exemple: algues).

- Quels problèmes pourraient soulever cette innovation?

Greffer les imprimantes 3D sur des modèles issues de la 2e révolution industrielle ne serait pas une bonne approche. Certains revendeurs d'imprimantes pourraient être tentés d'en vendre massivement dans un modèle économique classique (...plus j'en vends, plus je gagne).

- Pensez-vous que l'imprimante 3D peut se démocratiser au grand public?

Oui, mais surtout pas à domicile (comme l'imprimante 2D). Il faut maillé des réseaux de tiers lieux (fablab) équipés de "machines" et fréquentés par des personnes diverses (et prêtes à échanger des compétences).

- Va-t-elle changer notre façon de consommer et la façon dont nous produisons?

Oui, c'est souhaitable. Cf les pistes ci-dessus.

- Considérez-vous cette innovation comme une réelle révolution industrielle ou comme une utopie?

Oui, cette innovation peut produire des modifications de comportement et de modèles économiques. Une bascule significative peut s'effectuer à partir d'un certain stade de démocratisation (3 étapes à franchir et nous en sommes au début de la 1ere: innovation , massification, banalisation). Un point important, pouvoir accéder à l'information. Le modèle repose sur une circulation des données (open data, open hardware, creativ commun, ..). Certains acteurs auront une position défensive.